

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-88379

⑬ Int.Cl.⁸

H 01 S 3/109
3/098
3/23

職別記号

庁内整理番号

7630-5F
7630-5F

⑭ 公開 平成3年(1991)4月12日

6840-5F H 01 S 3/23

Z

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全10頁)

⑮ 発明の名称 レーザ装置

⑯ 特 願 平1-225212

⑰ 出 願 平1(1989)8月31日

⑱ 発 明 者 佐 藤 安 治 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホーヤ株式会社内
⑲ 発 明 者 茂 木 哲 哉 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホーヤ株式会社内
⑳ 出 願 人 ホーヤ株式会社 東京都新宿区中落合2丁目7番5号

明 細 書

1. 発明の名称

レーザ装置

2. 特許請求の範囲

(1) 規制手段によってビーム断面の光強度が規制された光強度分布を有する基本波レーザ光を出射するレーザ光源と、

前記レーザ光源から出射した基本波レーザ光の光強度を増幅する増幅手段と、

前記増幅手段から送出される基本波レーザ光を入射して、高調波レーザ光に波長変換して出射する非線形光学結晶と、

前記レーザ光源から出射する基本波レーザ光の、前記規制手段によって光強度が規制された光強度分布を、前記非線形光学結晶内を進行する基本波レーザ光の光強度分布に相似的に転送させる転送手段とを備えたことを特徴とするレーザ装置。

(2) 規制手段によってビーム断面の光強度が規制された光強度分布を有する基本波レーザ光を出射するレーザ光源と、

基本波レーザ光を入射して、高調波レーザ光に波長変換して出射する非線形光学結晶とを備え、

前側及び後側の一對の結像点を有し、前側結像点の基本波レーザ光のビーム断面における光強度分布を後側結像点に転送するイメージ・リレーを前記レーザ光源の前記規制手段と前記非線形光学結晶との間に複数個直列に介設し、前記複数個のイメージ・リレーは、前記規制手段に含まれる前側結像点を有するイメージ・リレーと前記非線形光学結晶に含まれる後側結像点を有するイメージ・リレーとを少なくとも含み、かつ、隣接するイメージ・リレー同士は、互いの前側及び後側結像点を近傍に配置して成り、

前記隣接するイメージ・リレー間の少なくとも一つに、各々近傍に配置された前側及び後側結像点を含む増幅器を配置したことを特徴とするレーザ装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、基本波レーザ^光に波長変換される線と

なるレーザ光)をKTP等の非線形光学結晶によって高調波レーザ光に波長変換して出射するレーザ装置とする。

〔従来の技術〕

一般に、非線形光学結晶を用いて、基本波レーザ光から高調波レーザ光に波長変換するとき、その変換効率は、非線形光学結晶に入射する基本波レーザ光の光強度に依存することが広く知られている。この事実に基づいて、非線形光学結晶に基本波レーザ光を入射させる際、集束させることにより、基本波レーザ光の光強度を向上させ、その結果、高い変換効率で高調波レーザ光を得ようとしたレーザ装置が提案されている(例えば、特開昭62-189783号公報参照)。

第4図は、上記提案に係るレーザ装置の構成図である。図において、符号1は固体レーザ媒体、符号2は非線形光学結晶、符号3は出力鏡、符号4、5は凸レンズ、符号6はレーザ・ダイオードからなる励起光源である。

前記固体レーザ媒体1は、光軸方向に對向端面

従って、レーザ・ダイオード6から出射した励起用レーザ光を凸レンズ4、5で集束させた後、固体レーザ媒体1に入射させて固体レーザ媒体1を励起することにより、出力鏡3と前記反射鏡との間で、固体レーザ媒体1から出射した基本波レーザ光の共振光路が形成される。これにより、この共振光路中に配置されている非線形光学結晶に集束された基本波レーザ光が入射するので、非線形光学結晶2において、基本波レーザ光から波長変換された高調波レーザ光が発生し、出力鏡3から高調波レーザ光を取り出すことができる。

尚、レーザ・ダイオード6から出射した励起用レーザ光は、凸レンズ4、5によって、固体レーザ媒体1の光軸上に集束することから、固体レーザ媒体1から出射する基本波レーザ光はTEM₀₀モード(ガウシャン分布)となる。このため、この基本波レーザ光を集束した場合、高い集束度が得られるので、基本波レーザ光は非線形光学結晶において、高い光強度を示すに至り、集束しない場合に比べて比較的高い波長変換効率で基本波

1a、1bを備えている。前記端面1aには、出力鏡3と協働して、この固体レーザ媒体1から出射する基本波レーザ光に対して共振器を構成する反射鏡が配設されている。この共振器、即ち出力鏡3と前記反射鏡との間で形成される基本波レーザ光の共振光路中には非線形光学結晶2が配設されている。前記レーザ光の共振光は、固体レーザ媒体1の端面1bが球面レンズ状に形成されていることから、非線形光学結晶2内において集束光となる。尚、固体レーザ媒体1の端面1aに配設された反射鏡は、基本波レーザ光を反射する光学的特性の他に、レーザ・ダイオード6から出射した励起用レーザ光を透過し、かつ、非線形光学結晶2から出射する高調波レーザ光を反射する光学的特性を併わせ持っている。

又、出力鏡3は、前述した通り、基本波レーザ光に対しては共振器となるが、非線形光学結晶2において基本波レーザ光から一部波長変換された高調波レーザ光に対しては透過させる光学的特性を有している。

レーザ光から高調波レーザ光に変換することができる。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、従来のレーザ装置においては、非線形光学結晶に入射させる基本波レーザ光のビーム径方向の光強度分布がガウシャン分布となっているため、光強度はビーム径の中心から周辺に向かうに従って、漸次、低下してしまう。このような光強度分布を有する基本波レーザ光を非線形光学結晶に入射させた場合、前述した光強度の変化に伴ない波長変換効率もビーム径の中心から周辺に向かうに従って低下することになる。つまり、ガウシャン分布の基本波レーザ光を非線形光学結晶に入射させる限り、ビーム径方向において、均一な波長変換効率を得られないという問題点があった。特に、このようなガウシャン分布の^{基本波}基本波を有する基本波レーザ光を集束させて非線形光学結晶に入射させると、ビーム中心近傍においては光強度を向上させることができるものの、上述したビーム径方向における波長変換効率の不均一性は

顯著になる。又、非線形光学結晶は、その結晶の種類により、各々、固有の増幅特性を有しているため、際限なく基本波レーザ光の光強度を増加させることはできない。従って、従来のレーザ装置のように基本波レーザ光の光強度の増加のみによって波長変換効率の向上を計ることは限界をきたすという問題点もあった。

本発明は、上述の問題点に鑑みてなされたものであり、ビーム断面における光強度が規制されると共に、光強度が増幅された基本波レーザ光を非線形光学結晶に入射させることにより、高い波長変換効率を得られるレーザ装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

本発明のレーザ装置は、規制手段によってビーム断面の光強度が規制された光強度分布を有する基本波レーザ光を出射するレーザ光源と、

前記レーザ光源から出射する基本波レーザ光の光強度を増幅する増幅手段と、

前記増幅手段から送出される基本波レーザ光を

イメージ・リレーとを少なくとも含み、かつ、調接するイメージ・リレー同士は、互いの前側及び後側結像点を近傍に配置して成り、

前記調接するイメージ・リレー間の少なくとも一つに、各々近傍に配置された前側及び後側結像点を含む増幅器を配設したことを特徴とする。

【作用】

本発明のレーザ装置は、規制手段によってビーム断面の光強度が規制された光強度分布を有する基本波レーザ光を出射するレーザ光源を備えていることから、規制手段において基本波レーザ光のビーム断面の光強度を規制できる。更に、前記規制手段によって得られた光強度分布を非線形光学結晶に相似的に転送する手段を備えていることから、前記規制手段により得られた前記光強度分布は、基本波レーザ光の進行に伴って変化するものの、少なくとも非線形光学結晶内部においては前記光強度分布と相似性を有する光強度分布を形成することができる。従って、非線形光学結晶に入射した基本波レーザ光においても、ビーム断

面における光強度を規制することができ、その結果、波長変換効率差を抑制することができる。

更に、本発明のレーザ装置は、レーザ光源から送出される基本波レーザ光の光強度を増幅して非線形光学結晶に送出する増幅手段を備えていることから、レーザ光源の規制手段によって得られた基本波レーザ光の光強度分布を維持し、かつ、そのピーク強度を増幅して非線形光学結晶に入射させることができる。

又、本発明の他のレーザ装置は、規制手段によってビーム断面の光強度が規制された光強度分布を有する基本波レーザ光を出射するレーザ光源と、

基本波レーザ光を入射して、高調波レーザ光に波長変換して出射する非線形光学結晶とを備え、

前側及び後側の二つの結像点を有し、前側結像点の基本波レーザ光のビーム断面における光強度分布を後側結像点に転送するイメージ・リレーを前記レーザ光源の前記規制手段と前記非線形光学結晶との間に複数個直列に介設し、前記複数個のイメージ・リレーは、前記規制手段に含まれる前側結像点を有するイメージ・リレーと前記非線形光学結晶に含まれる後側結像点を有するイメージ・リレーとを少なくとも含み、かつ、調接するイメージ・リレー同士は、互いの前側及び後側結像点を近傍に配置して成り、

前記調接するイメージ・リレー間の少なくとも一つに、各々近傍に配置された前側及び後側結像点を含む増幅器を配設したことを特徴とする。

本発明のレーザ装置は、規制手段によってビーム断面の光強度が規制された光強度分布を有する基本波レーザ光を出射するレーザ光源を備えていることから、規制手段において基本波レーザ光のビーム断面の光強度を規制できる。更に、前記規制手段によって得られた光強度分布を非線形光学結晶に相似的に転送する手段を備えていることから、前記規制手段により得られた前記光強度分布は、基本波レーザ光の進行に伴って変化するものの、少なくとも非線形光学結晶内部においては前記光強度分布と相似性を有する光強度分布を形成することができる。従って、非線形光学結晶に入射した基本波レーザ光においても、ビーム断

【実施例】

以下、第1図乃至第3図を参照して本発明のレーザ装置に係る一実施例を説明する。

第1図は、本発明のレーザ装置に係る実施例の構成図、第2図はイメージ・リレーの構成図、第3図(a)～(b)は基本波レーザ光が進行する際の、光強度分布の変化を示す図である。なお、第1図においてイメージ・リレー20の後方の光軸④は、増幅器27の前方の光軸④に結合されている。

このレーザ装置は、レーザ光源10から出射した基本波レーザ光を、第1非線形光学結晶11におい

て先ず第2高調波レーザ光に波長変換し、更に、前記第1非線形光学結晶11で得られた第2高調波レーザ光を第2非線形光学結晶12において第4高調波レーザ光に波長変換するものである。そして、前記レーザ光源10で得られた基本波レーザ光のビーム断面の光強度分布を前記第1非線形光学結晶11及び第2非線形光学結晶12に相似的に転送する転送手段13と、前記基本波レーザ光の光強度を増幅する増幅手段14とを、前記レーザ光源10と前記第2非線形光学結晶12との間に介設している。

前記レーザ光源10は、基本波レーザ光 L_1 をQスイッチ発振させるレーザ発振器15と、このレーザ発振器15から発振した基本波レーザ光 L_1 のビーム径を拡大するビーム・エキスパンダー16と、このビーム・エキスパンダー16から送出される基本波レーザ光 L_2 のビーム断面の光強度を規制する規制手段たるアパーチャ17とから構成されている。

前記レーザ発振器15は、Nd:YAGからなるレーザ媒体(図示せず)を励起すると共に、ポッ

ケルス・セル(図示せず)を励起させることにより、波長1.064 μ mの基本波レーザ光 L_1 をQスイッチ発振させることができる。この基本波レーザ光 L_1 は、TEM₀₀の横モードを有し、かつ、出射時(第1図X点)におけるビーム断面の光強度分布は第3図(a)に示す通り、ガウシアン分布($I(r) = I_0 e^{-2r^2/\omega^2}$ 但し、 I_0 はピーク強度、 ω はビーム半径である。)となっている。又、ピーク強度 I_0 は2MW/cm²である。

ビーム・エキスパンダー16は、共焦点16cを共有する一対の凸レンズ16a及び16bとにより構成されている。このビーム・エキスパンダー16に入射した基本波レーザ光 L_1 は、そのビーム径 ω を1mmから10mmに拡大された基本波レーザ光 L_2 に変換されてこのビーム・エキスパンダー16から出射する。出射時(第1図Y点)における基本波レーザ光 L_2 の光強度分布は第3図(b)に示す通り、基本波レーザ L_1 に比べて、ピーク強度が100KW/cm²に低下するものの、ビームの中心から周辺に至る光強度の変化が緩和された光強度分

布となる。

アパーチャ17は、中央部に16mm(高さ)×8mm(幅)の矩形状の開口部17aを穿設した円盤状体からなる。前記ビーム・エキスパンダー16から送出された基本波レーザ光 L_2 は、このアパーチャ17の入射面17bに入射し、この入射した基本波レーザ光 L_2 の中で、アパーチャ17からは、その開口部17aを通過した基本波レーザ光 L_3 のみが選択的に出射される。このとき、基本波レーザ光 L_3 のビーム断面は、開口部17aの外形に相当する16mm(高さ)×8mm(幅)の矩形に成形される。又、アパーチャ17の入射面17bにおける基本波レーザ光 L_3 の光強度分布(I)は、第3図(c)に示す通りビーム幅8mmの範囲において、最大光強度100KW/cm²から最小光強度97KW/cm²の間に光強度が規制された略矩形状の光強度分布となる。尚、この規制に際しては、光強度分布をスーパーガウシアン分布 $I(r) = I_0 e^{-n(r/b)^2}$ においてnが ∞ となる分布、即ち、理想的な矩形状にすることが好ましい。

このようにして、レーザ光源10から、アパーチャ17においてビーム断面の光強度が一定範囲内に規制された光強度分布(I)を有する基本波レーザ光 L_3 を出射することができる。

次に、レーザ光源10から出射した基本波レーザ光 L_3 の、アパーチャ17の入射面17bにおける光強度分布(I)を、第1非線形光学結晶11及び第2非線形光学結晶12に相似的に転送する転送手段13について説明する。

この転送手段13は、レーザ光源10と第2非線形光学結晶12との間に介設されると共に、基本波レーザ光 L_3 の進行方向に沿って直列に配列されたイメージ・リレー18,19,20,21,及び22から成る。

ここで、先ず、第2図を参照して一対の凸レンズにより構成される一般的なイメージ・リレーについて説明する。第2図に示すイメージ・リレー30は、焦点距離 f_1 の第1凸レンズ30aと焦点距離 f_2 の第2凸レンズ30bとを光軸上に対向配設することにより構成される。このイメージ・リレ

—30の光軸マトリックス t は次の第(1)式で表わすことができる。

$$t = \begin{bmatrix} 1 & b \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f_2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f_1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & a \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

尚、上記第(1)式において、 a は第1凸レンズ30aの主面からイメージ・リレー30の前側結像点Aまでの距離、 b は第2凸レンズ30bの主面からイメージ・リレー30の後側結像点Bまでの距離、 d は第1凸レンズ30a及び第2凸レンズ30bの両主面の距離である。

第1凸レンズ30aと第2凸レンズ30bとを、上記第(1)式を満足するように配置し、レーザ光 L_{30} を第1レンズ30aに入射させ第2レンズ30bから出射させると、前側結像点Aにおけるレーザ光 L_{30} の光束断面の光強度分布は後側結像点Bに相似的に転送することができる。

本実施例におけるイメージ・リレー18~22も、第2図に示したイメージ・リレー30のように、各々第1凸レンズ18a~22aと、第2凸レンズ18b~22bとから構成されている。但し、本実施例に

おいては、上述した前側結像点から後側結像点への光強度分布の相似転送のみならず、光束の平行度も維持されるように、特に、第1凸レンズ18a~22aと、第2凸レンズ18b~22bとは互いに共焦点18c~22cを共有するように光学的に結合されている。このことは、上記(1)式において $d = f_1 + f_2$ となるので、結局、本実施例のイメージ・リレー18~22は次の第(2)式を満足することになる。

$$b = M(f_1 + f_2) - aM^2 \quad (2)$$

$$(\text{但し、} M = f_2 / f_1)$$

従って、上記第(2)式を満足するように、イメージ・リレー18~22の第1凸レンズ18a~22aの焦点距離 f_1 、第2凸レンズ18b~22bの焦点距離 f_2 、第1凸レンズ18a~22aから前側結像点A18~A22までの各々の距離 a 及び第2凸レンズ18b~22bから後側結像点B18~B22までの各々の距離 b を第1表に示す通り選定した。

以下余白

第1表

	f_1 (mm)	f_2 (mm)	a (mm)	b (mm)
イメージ・リレー18	500	500	500	500
イメージ・リレー19	500	500	500	500
イメージ・リレー20	500	500	500	500
イメージ・リレー21	200	100	100	125
イメージ・リレー22	300	100	100	122

尚、第1表に示す通り、イメージ・リレー21とイメージ・リレー22とは f_2 / f_1 が各々 $1/2$ 、 $1/3$ となっている。

この比率の設定によりイメージ・リレー21及び22から出射する基本波レーザ光 L_{21} 、 L_{22} はその断面積が各々 $1/2$ 、 $1/3$ に縮小するのでパワー密度が向上する。

前述した通り、本実施例の個々のイメージ・リレー18~22は、前側結像点から後側結像点に、光束の平行度を維持して光強度分布を相似的に転送することができる。従って、レーザ光源10と第2非線形光学結晶12との間に、イメージ・リレー18~22を直列に配置するとき、以下のイメージ・リレー群を構成することにより、レーザ光源10のファースト入射面17aで形成された光強度分布を第1非線形光学結晶11における光軸中点G及び第2非線形光学結晶12における光軸中点Hに相似的に転送することができる。即ち、前記イメージ・リレー群とは、前側結像点A18をファースト入射面17aに一致させたイメージ・リレー

18と、後側結像点B22を第2非線形光学結晶22の光軸中点Hに一致させたイメージ・リレー22とにより、イメージ・リレー19~21を挟むと共に、隣接するイメージ・リレー同士は、互いの前側及び後側結像点を一致させた構成を有する。このため、隣接したイメージ・リレーは相互に共結像点を共有することになる。つまり、イメージ・リレー19は、その前側結像点A19とイメージ・リレー18の後側結像点B18とを一致させた共結像点Dをイメージ・リレー18と共有すると共に、その後側結像点B19とイメージ・リレー20の前側結像点A20とを一致させた共結像点Eをイメージ・リレー20と共有している。

更に、イメージ・リレー21は、その前側結像点A21をイメージ・リレー20の後側結像点B20と一致させた共結像点Fをイメージ・リレー20と共有すると共に、その後側結像点B21をイメージ・リレー22の前側結像点A22に一致させた共結像点Gをイメージ・リレー22と共有している。

次に、前述したイメージ・リレー群の共結像点

D、E及びF上に配置され、と共に、増幅手段14を構成する増幅器25、26及び27について説明する。

増幅器25、26及び27は、その光軸中点を各々前記共結像点D、E及びFに一致させて光軸上に配置されている。又前記各々の増幅器25、26、及び27は、共にNd:YAGを素材とし、その形状を、光軸に対して傾斜すると共に、互いに平行かつ対向した入射面及び出射面と、前記入射面から入射した基本波レーザ光を交互に反射させることにより、前記出射面に至るまで進行させる対向反射面とを備えた、所謂、スラブ形状としている。そして、前記各々の増幅器25、26及び27は、前記入射面を、共に高さ2.0mm×幅10mmの矩形状にすると共に、反射面の長さを120mmとした外形を有していることから、基本波レーザ光は各増幅器を通過する毎に光強度を約10倍増幅されることになる。

次に、前記イメージ・リレー群の共結像点Gと、イメージ・リレー22の後側結像点B22とに、各々その光軸中点を一致させて光軸上に配置された

第1非線形光学結晶11及び第2非線形光学結晶12について説明する。

第1非線形光学結晶11はKTP(KTiOP₄)からなり、入射面から入射した基本波レーザ光(波長:1.064μm)を光軸に沿って、この結晶内部を進行させた後、出射面から出射させることにより、結晶内部において基本波レーザ光から波長変換された第2高調波レーザ光(波長:0.532μm)を前記基本波レーザ光と共に出射面から出射させることができる。又、この第1非線形光学結晶11は、入射面及び出射面を共に高さ10mm×幅10mmの正方形とし、光軸方向の長さも10mmとした立方体から成り、その破断強度は400MW/cm²である。

第2非線形光学結晶12は、(B-BaB₂O₄)からなり、前記第1非線形光学結晶11において得られた第2高調波レーザ光(波長:0.532μm)を入射面から入射して、光軸に沿って結晶内部を進行させた後、出射面から出射させることにより、結晶内部において第2高調波レーザ

光から波長変換された第4高調波レーザ光(波長:0.266μm)を前記第2高調波レーザ光と共に出射面から出射させることができる。又、この第2非線形光学結晶12は、入射面及び出射面を共に高さ10mm×幅10mmの正方形とし光軸方向の長さも10mmとした立方体からなり、その破断強度は13.5GW/cm²である。

以下、レーザ光源10から出射した基本波レーザ光L₀が上述した構成からなる増幅手段14及び搬送手段13によって、第1非線形光学結晶11に導光されて第2高調波レーザ光を得る過程、並びに第1非線形光学結晶11において得られた第2高調波レーザ光が第2非線形光学結晶12に導光されて第4高調波レーザ光を得る過程について説明する。

レーザ光源10から出射した基本波レーザ光L₀(ビーム断面:高さ19mm×幅8mmの矩形状)は第3図(C)に示すピーク強度100KW/cm²の光強度分布(I)を、アパーチャ17の入射面17bにおいて有している。このレーザ光源10

から出射した基本波レーザ光 L_3 は、イメージ・リレー18によって導光されて増幅器25の入射面(高さ20mm×幅10mmの矩形状)に入射する。

この入射した基本波レーザ L_3 は、増幅器の対向反射面を交互に反射して進行し、これにより、ピーク強度が1MW/cm²に増幅され、かつ、光軸中点Dにおいて第3図(C)に示す光強度分布(Ⅱ)を有する基本波レーザ L_4 となって出射面から出射する。この増幅器25から出射した基本波レーザ光 L_4 は、イメージ・リレー19により増幅器26に導光され、この増幅器26において、ピーク強度が10MW/cm²に増幅され、かつ、光軸中点において第3図(C)に示す光強度分布(Ⅲ)を有する基本波レーザ光 L_5 となって増幅器26から出射する。更に、この基本波レーザ光 L_5 はイメージ・リレー20によって増幅器27に導光され、この増幅器27において、ピーク強度が100MW/cm²に増幅され、かつ、光軸中点Fにおいて第3図(C)に示す光強度分布(Ⅳ)を有する基本波レーザ光 L_6 となって増幅器27

から出射する。

このように、増幅器25、26、及び27で順次増幅された基本波レーザ光 L_6 は、イメージ・リレー21に入射する。基本波レーザ光 L_6 は、イメージ・リレー21において、そのビーム断面が第1非線形光学結晶11の入射面に収まるように高さ8mm×幅4mmの矩形状に縮小され、かつ、ピーク強度4.00MW/cm²に増幅された基本波レーザ光 L_7 となって、イメージ・リレー21から出射する。このイメージ・リレー21から出射した基本波レーザ光 L_7 は第1非線形光学結晶11の入射面に入射し、結晶内部を進行する。この進行の際、基本波レーザ光 L_7 の一部が第2高調波レーザ光(波長:0.532μm) L_8 に波長変換されることから、出射面からは第2高調波レーザ光 L_8 と残余の基本波レーザ光 L_9 が出射される。この第1非線形光学結晶11から出射した第2高調波レーザ光 L_8 と基本波レーザ光 L_9 とは、イメージ・リレー22に入射し、このイメージ・リレー22において、共に、ビーム断面形状が高さ

2.67mm×幅1.33mmの矩形状に縮小され、かつ、ピーク強度が1.35GW/cm²に増幅された第2高調波レーザ光 L_{10} と基本波レーザ光 L_{11} となって、イメージ・リレー22から出射する。

このイメージ・リレー22から出射した第2高調波レーザ光 L_{10} 及び基本波レーザ光 L_{11} は第2非線形光学結晶12の入射面に入射し、結晶内部を進行する。この進行の際、第2高調波レーザ光 L_{10} の一部(このレーザ光が第4高調波レーザ光 L_{12} に対する基本波レーザ光となる)が第4高調波レーザ光 L_{12} (波長:0.266μm)に波長変換されることから、出射面から第4高調波レーザ光 L_{12} 、残余の第2高調波レーザ光 L_{13} 、及び基本波レーザ光 L_{11} が出射する。このようにして第1非線形光学結晶11及び第2非線形光学結晶12の各々で第2高調波レーザ光 L_8 及び第4高調波レーザ光 L_{12} を得ることができる。第1非線形光学結晶11の内部を進行する基本波レーザ光 L_7 は、この結晶の光軸中点Gにおいて第3図(C)に示す光強度分布(V)を有しており、又、第2非線

形光学結晶12の内部を進行する第2高調波レーザ光 L_{10} は、この結晶の光軸中点Hにおいて第3図(C)に示す光強度分布(VI)を有している。このように、第3図(C)から明らかな通り、アパーチャ17で形成された光強度分布(I)は、転送手段13によって、増幅器25の光軸中点D(光強度分布(Ⅱ))、増幅器26の光軸中点E(光強度分布(Ⅲ))、増幅器27の光軸中点F(光強度分布(Ⅳ))、第1非線形光学結晶11の光軸中点G(光強度分布(V))、及び第2非線形光学結晶12の光軸中点H(光強度分布(VI))に、順次、相似的に転送されている。従って、第1非線形光学結晶11に入射する基本波レーザ光 L_7 及び第2非線形光学結晶12に入射する第2高調波レーザ光 L_{10} は、ビーム断面方向の光強度が規制された光強度分布を有することから、波長変換の際、ビーム断面において⁽¹²⁾均一な波長変換効率が得られる。しかも、その規制された光強度分布は増幅手段によって光強度が増幅されていることから、極めて高い波長変換効率が得られる。

更に、本実施例の転送手段13を構成するイメージ・リレー18~22は、全て、第1凸レンズと第2凸レンズを共焦点に構成していることから、第1非線形光学結晶11を通過する基本波レーザ光17と第2非線形光学結晶12を通過する第2高調波レーザ光19とは、共にビームの平行度を維持したまま通過するので、前記各々の結晶11、12の各々の入射面から出射面に至る間、安定して波長変換を行なうことができる。

本実施例において、第1非線形光学結晶11から得られた第2高調波レーザ光19及び第2非線形光学結晶12から得られた第4高調波レーザ光21の各々をパワー・メータで測定したところ、第1非線形光学結晶12における波長変換効率は、約40%、第2非線形光学結晶12における波長変換効率は、約20%であることが確認できた。これらの波長変換効率は、共に従来例のレーザ装置に比較して、約30%向上したことになる。

尚、本実施例においては、転送手段を構成するイメージ・リレーをとして一対の凸レンズから成

るケプラータイプを採用したが、凸レンズ及び凹レンズから成るガリレオタイプのイメージ・リレーを使用してもよい。

又、開接する相互のイメージ・リレーは必ずしも共結像点を共有させる必要はなく、イメージ・リレー間の前側及び後側結像点が互いに近傍に配置されていれば、実用上支障はない。同様にイメージ・リレー18の前側結像点A₁₈とアパーチャ17の入射面17b、イメージ・リレー21の後側結像点B₂₁と第1非線形光学結晶11の光軸結晶12の光軸中点G、並びにイメージ・リレー22の後側結像点B₂₂と第2非線形光学結晶12の光軸中点Hとは、各々、一致させずとも近傍に配置してあれば、実用上支障はない。

更に、増幅器25、26、及び27を共結像点D、E及びF上に各々配置したが、増幅器は、非線形光学結晶の破壊閾値を考慮して適宜、配置すればよく、例えば、増幅器を25及び26のみとし、共結像点F上には他の光学素子を配置してもよい。

【発明の効果】

本発明のレーザ装置は、規制手段によってビーム断面の光強度が規制された光強度分布を有する基本波レーザ光を出射するレーザ光源と、前記規制手段によって得られた光強度分布を非線形光学結晶に相似的に転送する転送手段とを備えている。

これにより、先ず、規制手段においてビーム断面の光強度差が規制された光強度分布を形成することができる。そして、この規制手段により形成された光強度分布は、前記規制手段から出射した後、基本波レーザ光の進行に伴なって変化するものの、少なくとも非線形光学結晶においては前記光強度分布と相似性を有する光強度分布を形成することができる。従って、非線形光学結晶に入射した基本波レーザ光の、ビーム断面における波長変換効率差を抑制することができる。

更に、本発明のレーザ装置は非線形光学結晶に入射する基本波レーザ光の光強度を増幅する増幅手段を備えていることから、前述したビーム断面における光強度差の抑制に加えて非線形光学結晶

に入射する光強度分布のピーク強度を向上させることができる。従って、本発明のレーザ装置によれば、非線形光学結晶から、極めて高い波長変換効率で基本波レーザ光から波長変換された高調波レーザ光を得ることができる。

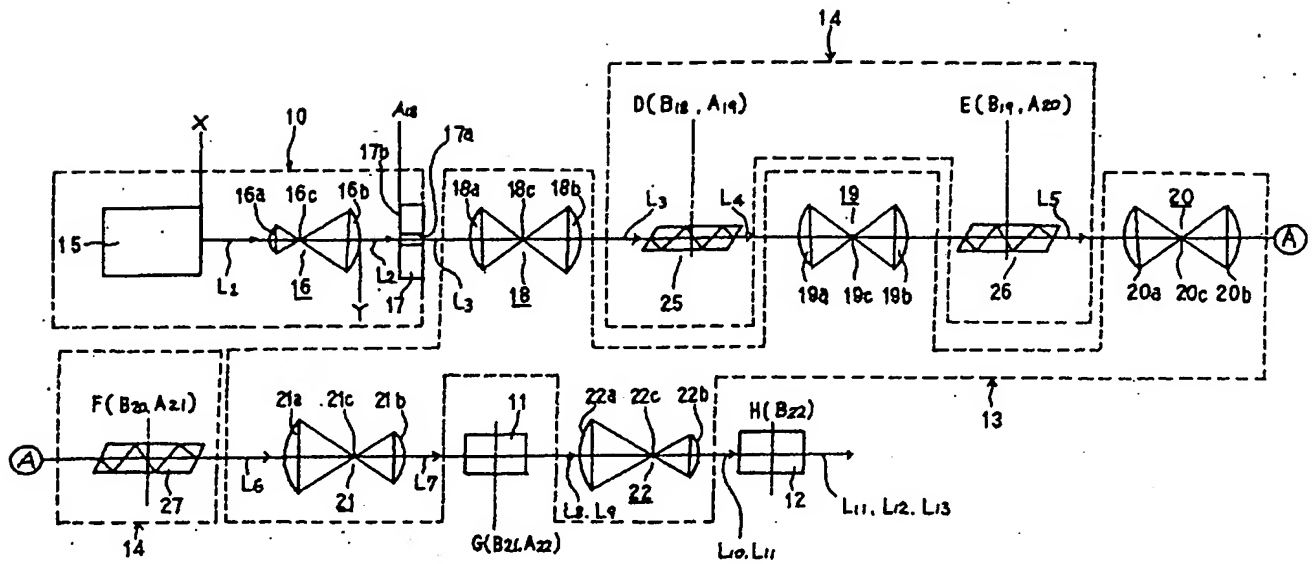
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を示す構成図、第2図は、イメージ・リレーの構成図、第3図(a)~(c)は基本波レーザ光が進行する際の、光強度分布の変化を示す図、第4図は従来のレーザ装置の構成図である。

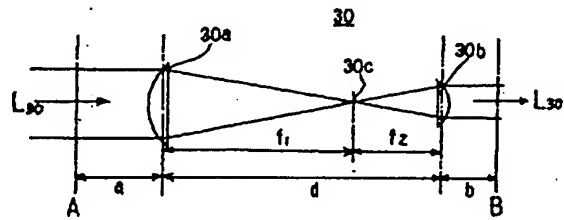
1.0…レーザ光源、11…第1非線形光学結晶、12…第2非線形光学結晶、13…転送手段、14…増幅手段、17…規制手段たるアパーチャ18~22…イメージ・リレー、25~27…増幅器。

特許出願人 ホーヤ株式会社

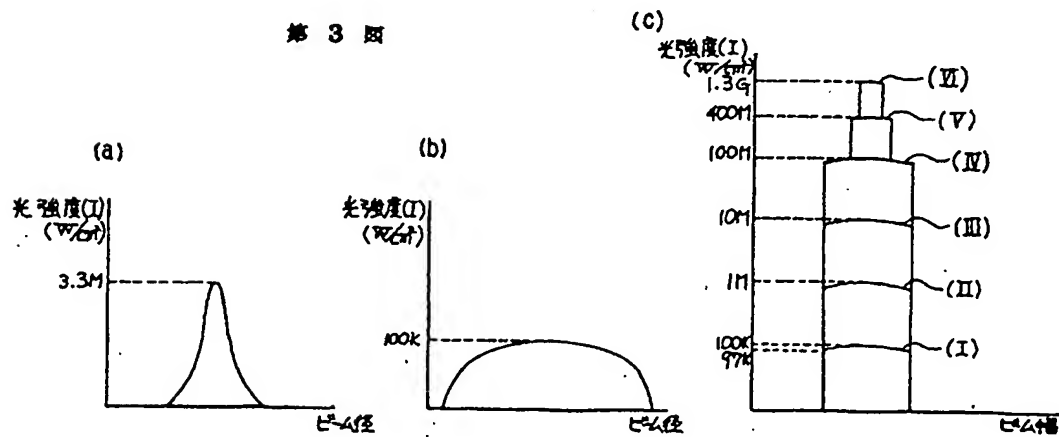
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 圖

